



Suelos Salinos y Sódicos: Identificación, Mitigación y Consideraciones de Manejo

Por Omar Rodriguez y Rex Dufour, Especialistas en Agricultura Sostenible
Publicado Enero 2021
©NCAT
SP602

El exceso de sales en el suelo representa una amenaza de gran impacto para la agricultura en todo el mundo. Esta publicación analiza cómo la salinidad afecta el crecimiento de las plantas, el rendimiento y la estructura del suelo. Explica cómo se mide la salinidad del suelo y presenta estrategias innovadoras para prevenir y mitigar la salinidad del suelo a través del manejo apropiado y adición de materia orgánica.

Tabla de Contenido

Introducción.....	1
Fuentes y Causas	2
La Salinidad Afecta el Crecimiento y Rendimiento de las Plantas	3
Salinidad y el Suelo.....	4
Prevención, Mitigación, y Manejo	6
Pensamientos Concluyentes	9
Referencias	9
Further Resources	10



Suelo salino bajo riego plantado con 12 especies de cultivos de cobertura. Solo emergieron unas mostazas atrofiadas y malezas. Este suelo tiene una conductividad eléctrica de 13. Foto: Rex Dufour, NCAT

El Servicio Nacional de Información de la Agricultura Sostenible de ATTRA es administrado por el Centro Nacional para la Tecnología Apropiada (NCAT) y financiado por una subvención del Servicio de Negocios y Cooperativas Rurales del USDA. Visite el sitio Web de NCAT (en inglés: www.ncat.org agriculture) para más información sobre nuestros proyectos en la agricultura sostenible.



Introduction

El aumento en la salinidad del suelo se considera el estrés principal a la producción agrícola global (Laidero, 2012). Según la Organización de Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas (FAO), 1% a

2% de toda la superficie agrícola bajo riego se saca de producción cada año debido a cargas excesivas de sal. Enfrentando a estos problemas es imperativo para mantener la continua productividad de ciertas regiones.

Cadillac Desert, escrito por Marc Reisner (1993), nos da una advertencia a todos los que avanzan sin templar el desarrollo del desierto Americano:

Desierto, semidesértico, llámelo como quiera. El punto es que a pesar de los esfuerzos heroicos y muchos miles de millones de dólares, todo lo que hemos logrado hacer en el árido oeste es convertir en verde una sección del tamaño de Missouri, y esa conversión se ha realizado principalmente con agua subterránea que no es renovable. Pero un objetivo de muchos... durante mucho tiempo ha sido duplicar, triplicar, cuadruplicar la cantidad de desierto que ha sido civilizado y cultivado, y ahora la misma gente dice que el futuro de un mundo hambriento depende de ello, incluso si eso significa importar agua de tan lejos como Alaska. Lo que parecen no entender es lo difícil que será retener y mantener lo que han hecho. Tal exceso de ambición proviene, por supuesto, del notable historial de éxito que hemos tenido en la recuperación del desierto americano. Pero lo mismo podría haberse dicho sobre cualquier número de las civilizaciones del desierto a lo largo de la historia: Asiria, Cartago, Mesopotamia; el Inca, el Azteca, el Hohokam - antes de que colapsaran. Y puede que ni siquiera haya sido la sequía lo que los destruyeron. Puede haber sido sal.

La destrucción de la tierra cultivable ha tenido profundos efectos sociales y económicos. En su informe de *Evaluación sobre la Degradación y Restauración de la Tierra*, la Plataforma Intergubernamental de Ciencia y Póliza para Biodiversidad y Ecosistemas (IPBES) dice que 190 millones de acres de tierras principalmente bajo irrigación se han perdido permanentemente a la salinidad. Además, se pueden sumar otros 150 millones de acres cultivables que están dañados por la salinización (Montanarella et al., 2018). Dentro de los Estados Unidos, las áreas más afectadas se encuentran en la parte occidental del país que es árido.

Los ambientes áridos y semiáridos son más susceptibles, debido a la dependencia en el agua de

riego que tiende a contener niveles más altos de sal. Una vez en la superficie, el agua se evapora, dejando sales en la superficie. Note la correlación entre regiones áridas del mundo y la distribución de suelos salinos, sódicos y salino-sódicos en la Figura 1. El riego en tierras áridas produce áreas de alta concentración de sal a menos que estas sales sean lixiviadas por la lluvia o la aplicación de agua de riego “limpia”. Sin embargo, en estos climas, la lluvia generalmente no es suficiente para lixiviar sales profundamente (lejos de la zona de la raíz) en el perfil del suelo. Sin intervención y manejo continuo, suelos actualmente afectados por la acumulación de sales seguirán almacenando más y más sales en las capas superiores del perfil del suelo, donde la germinación y el crecimiento de las plantas pueden verse afectados. No se necesitan muchos años para que los depósitos de sal se acumulen a niveles tóxicos para muchas especies de plantas.

Los suelos y plantas afectados por el exceso de sales pueden exhibir efectos perjudiciales en sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Opciones disponibles para el uso del suelo y su productividad se ven afectadas negativamente por exceso de sales, que pueden provocar una caída en el valor de la tierra. Dependiendo de la cantidad y tipo de sal en el suelo, los impactos serán diferentes (McCauley y Jones, 2005). En esta publicación, exploraremos los tipos de sales y sus desafíos asociados con mayor detalle. Además, exploraremos el análisis y remediación de suelos con exceso de sales.

Fuentes y Causas

La gran mayoría de las sales provienen de la materia prima, que incluye minerales de lecho rocoso y fondos marinos antiguos (Cardon et al., 2007). Las sales solubles se lixivian (lavan) del material

Recursos Relacionados de ATTRA

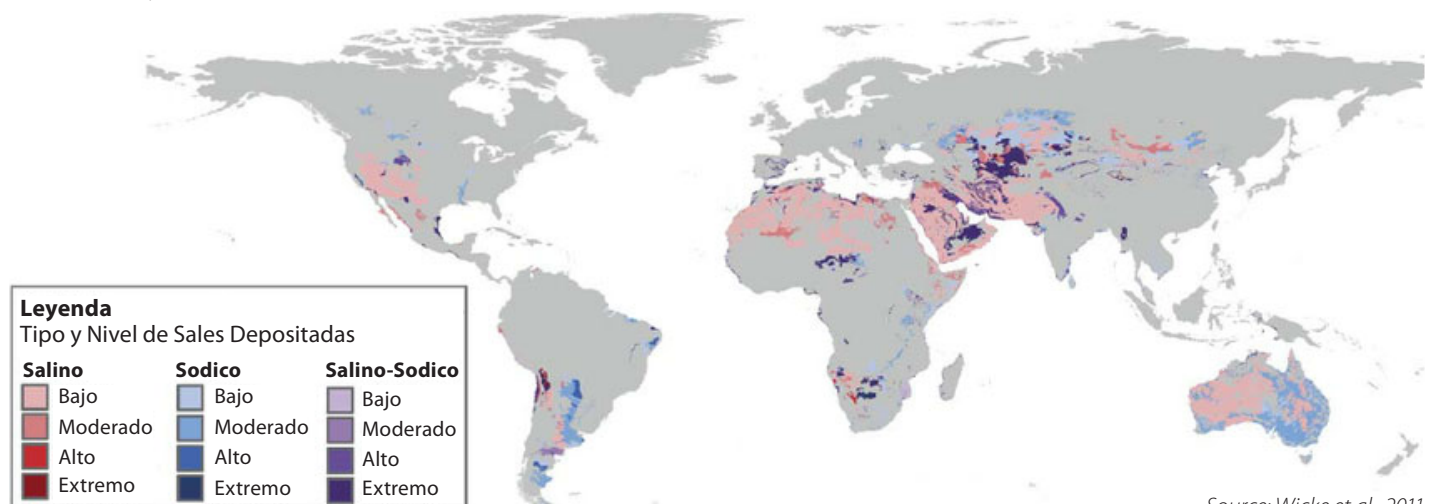
<https://espanol.ncat.org/>

Hoja de datos:
Evaluando el Recurso Suelo para Agricultores Orgánicos Principiantes

Los Cinco Principios de la Salud del Suelo: Factores que Promueven la Infiltración y Almacenamiento del Agua

El Manejo Sostenible de Suelos

Figura 1. Tipo y Nivel de Sales Depositadas



Source: Wicke et al., 2011

de origen con el agua y fluyen hacia los acuíferos subterráneos, que son un fuente primaria de agua de riego. Otras fuentes de sales incluyen represas de ríos, uso excesivo de fertilizantes agrícolas, escorrentía municipal, y tratamiento de agua con "suavizantes". En áreas costaneras, el bombeo excesivo de agua subterránea puede crear zonas donde penetra el agua salada del mar en los acuíferos de agua dulce. Intrusión de agua del mar ocurre cuando no hay suficiente lluvia o flujo en los ríos para recargar el agua subterránea.

Las regiones áridas y semiáridas se caracterizan en parte por su precipitación limitada. Durante períodos secos, la recarga de agua subterránea se ralentiza y el bombeo aumenta. Estos factores combinados causan una caída de los niveles de agua subterránea y un aumento en deposición de sal en la superficie. Sequías en estas regiones exacerbaban el problema. Para tomar un ejemplo del Valle Central de California, "... sal en el Valle de San Joaquín sigue aumentando, especialmente durante los años de sequía. Eso es porque, durante las sequías, las granjas y ciudades de California dependen del agua subterránea que proporciona hasta el 60 por ciento de su agua dulce, comparado con el 35 por ciento durante años normales. La gente ha estado usando agua subterránea más rápido de lo que se repone naturalmente, esto he estado forzando que el nivel freático siga siendo más y más profundo"(Gies, 2017).

La Salinidad Afecta el Crecimiento y Rendimiento de las Plantas

El estrés en forma de salinidad es el factor ambiental más limitante que afecta el crecimiento de las plantas en regiones donde las precipitaciones son limitadas (Parida y Das, 2005). Las sales limitan el crecimiento de las plantas a través de varios caminos. Primero, los suelos salinos reducen la capacidad de absorber agua. "Síntomas de estrés osmótico son muy similares a los del estrés por sequía, e incluyen retraso en el crecimiento, mala germinación, hojas quemadas, marchitamiento y posiblemente muerte" (McCauley y Jones, 2005). Estos síntomas, similares al estrés de sequía, ocurren incluso cuando hay agua en el suelo. Además de afectar la capacidad de una planta para tomar agua, el exceso de salinidad puede afectar la disponibilidad y absorción de nutrientes, y puede causar problemas de toxicidad de sodio y cloro (Evelin et al., 2009). Los efectos que tiene la sal en las plantas varían según el tipo de cultivo, la cantidad de sal, y los tipos de sales en el suelo. La presencia de sales



El suelo bien agregado permite una infiltración de agua eficiente, lo que brinda mejor habilidad para lixiviar sales debajo del nivel de las raíces. Foto: Rex Dufour, NCAT



Formación de costras en la superficie como resultado de una estructura deficiente del suelo. La costra evita la infiltración del agua y el aire. Foto: Rex Dufour, NCAT

en las capas superficiales tiene un impacto mayor comparado con la presencia de sales más profundas, debido a su proximidad a las raíces.

La tolerancia a la sal varía mucho de un cultivo a otro. Las zanahorias y las fresas, por ejemplo, son sensibles y sufrirán pérdidas de rendimiento y crecimiento en suelos considerados "poco salinos," mientras que los espárragos y las acelgas toleran niveles mucho más altos. Cada especie de cultivo tiene su nivel correspondiente de tolerancia a la salinidad, más allá de este el nivel, el crecimiento y el rendimiento comienzan a disminuir (vea Tabla 1 para ver más información sobre la tolerancia de cultivos específicos). Haciendo la identificación más difícil, muchas plantas no mostrarán efectos negativos de estrés por salinidad; así, el análisis a la vista no será suficiente para determinar si las sales están afectando el rendimiento de un cultivo en particular. En ciertas plantas el estrés por sal puede oscurecer las hojas y restringir el crecimiento, pero las plantas pueden parecer sanas (Maas y Grattan, 1999).

Salinidad y el Suelo

La *salinidad* y la *sodicidad* son los dos problemas relacionados con la sal que afectan a la productividad y sustentabilidad de las tierras agrícolas por todo el mundo. Son similares en muchas de sus características pero deben manejarse de manera diferente debido a las diferencias en su composición química. El suelo salino-sódico es la tercera posibilidad. Estos suelos exhiben características de ambos tipos y requieren un manejo similar al de los suelos sódicos.

Las sales más comunes incluyen sodio (Na^+), magnesio (Mg^{2+}), y calcio (Ca^{2+}); otras sales presentes en cantidades menores incluyen potasio (K^+ , cloruro (Cl^-), bicarbonato (HCO_3^-), y sulfato (SO_4^{2-}).

La estructura del suelo es uno de los aspectos fundamentales que puede ser impactado por ciertas sales. Los suelos se componen de diferentes proporciones de arena, limo y arcilla. La estructura se refiere a la forma en que estas partículas se agregan o se agrupan, a nivel químico. Suelos bien agregados permiten que el suelo funcione apropiadamente, esto incluye la capacidad del suelo para hacer circular el aire y filtrar agua hacia abajo en el perfil. Cambios observados en el suelo, su estructura, o función pueden indicar problemas de salinidad.

Los suelos caracterizados como salinos o salino-sódicos pueden ser un lobo con piel de oveja porque pueden mantener una buena estructura mientras que negativamente impactan a otras propiedades

biológicas y químicas. La sodicidad, por otro lado, es un problema de salinidad en el que demasiado sodio (Na) puede descomponer los agregados del suelo. Los suelos sódicos facilitan el desarrollo de costras superficiales que dificultan la germinación y emergencia de plántulas. Estas costras forman capas densas que priven el crecimiento de las raíces y dificultan la labranza. La destrucción de los agregados del suelo también reduce la estructura de los poros y provoca la sedimentación del suelo: disminuyendo o eliminando la asociación entre partículas de arena, limo, y arcilla (Abrol et al., 1988). Cuando el sodio se une a las partículas del suelo, solo puede formar una conexión, resultando en una partícula que repele a las partículas vecinas. Esto conduce a un suelo disperso, con mala estructura y capacidad limitada de retención de agua.

La estructura física de los suelos sódicos, como se describen arriba, son altamente susceptibles a las fuerzas erosivas del viento y el agua.

Otra característica distintiva de los suelos sódicos es que tienen un pH alto, generalmente 8.5 o superior. Por sí solo, el pH alto tiende a no afectar adversamente la mayoría de las plantas negativamente. Es la tendencia de suelos con un pH alto de disminuir la disponibilidad de ciertos nutrientes que es motivo para preocupación. Los nutrientes incluidos son: calcio, magnesio, fósforo, potasio, hierro, manganeso y zinc. Todos estos minerales también son utilizados por los microbios del suelo, algunos de los cuales tienen roles como mediadores entre la planta y el suelo en el proceso de acceder a estos minerales.

Tabla 1. El efecto de la conductividad eléctrica en el rendimiento ciertas plantas

Cultivo	% de Rendimiento					Cultivo	% de Rendimiento				
	100%	90 %	75%	50%	0%		100%	90%	75%	50%	0%
Cebada	8.0	10.0	13.0	18.0	28.0	Rabano	1.2	2.0	3.1	5.0	9.0
Sesbania	2.3	3.7	5.9	9.4	17.0	Espinaca	2.0		5.3	8.6	15.0
Sorgo	4.0	5.1	7.2	11.0	18.0	Maiz/elote	1.7		3.8	5.9	10.0
Trigo	6.0	7.4	9.5	13.0	20.0	Batata/camote	1.5	2.4	3.8	6.0	11.0
Frijol	1.0	1.5	2.3	3.6	7.0	Tomate		3.5	5.0	7.6	13.0
Repollo	1.8	2.8	4.4	7.0	12.0	Alfalfa	2.0	3.4	5.4	8.8	16.0
Melon	2.2	3.6	5.7	9.1	16.0	Pasto de trigo	7.5		11.0	15.0	22.0
Zanahoria	1.0	1.7	1.7	4.6	8.0	Almendras	1.5	2.0	2.8		7.0
Pepino	2.5	3.3	4.4	6.3	10.0	Datil	4.0	6.8	10.9	17.9	32.0
Lechuga	1.3	2.1	3.2	5.2	9.0	Granada					
Pimiento/chile	1.5	2.2	3.3	5.1	9.0	Limon	1.7	2.3	3.3		8.0
Papa	1.7	2.5	3.8	5.9	10.0	Naranja	1.7	2.3	3.3	4.8	8.0

Fuente: Ayers y Westcot, 1985. La fila superior de números representa el % del rendimiento potencial. Los números en la tabla representan la CE del suelo.

Ejemplo: Se puede esperar que la batata cultivada en un suelo donde la ECe mide 3.8 rinda alrededor del 75% del su máximo.

Nota: Estos números representan pautas aproximadas que se verán influenciadas por varios factores, incluido el cultivo elegido, la temperatura del suelo, prácticas y uso de portainjertos.

Tabla 2. Algunas características de los suelos salinos y sódicos

Fuente: Adaptado de Deneke, 2011

Clasificación	CE	RAS	pH	Condición
Salino	>4	<13	<8.5	Agregado
Sodico	<4	>13	>8.5	Disperso
Salino-Sodico	>4	>13	<8.5	Agregado

Análisis del Suelo: CE y RAS

Tres factores que normalmente se examinan para determinar el nivel de salinidad de los suelos son conductividad eléctrica (CE), relación de absorción de sodio (RAS) y pH (potencial del hidrógeno).

La conductividad eléctrica (CE) mide la facilidad con que una corriente puede atravesar un objeto; en este caso los objetos pueden ser el suelo (ECe) o agua de riego (ECw). Cuanto más sal haya en una muestra, más fácilmente pasará una corriente a través de esa muestra. Los resultados proporcionarán mediciones en forma de milimhos por cm (mmhos/cm) o decisiemens por metro (dS/m). Estas unidades son equivalentes: 1 mmoh/cm = 1 dS/m.

Los suelos sódicos se distinguen por tener mayor concentraciones de sodio (Na⁺) relativas al calcio (Ca²⁺) y magnesio (Mg²⁺). La prueba más confiable para la sodicidad del suelo o del agua es la Relación de Absorción de Sodio (RAS), que compara la concentración de sodio a calcio y magnesio.

Análisis del Suelo para Salinidad

Al realizar pruebas de salinidad, es valioso tomar muestras a distintas profundidades para medir dos factores importantes: 1) sacar un punto de referencia para cada capa de suelo que es medida (tome nota de la distribución relativa de sales en cada capa); y 2) el grado en que las sales son

lixiviadas (lavadas) más profundamente en el perfil del suelo a lo largo del tiempo, mediante qué las medidas de gestión y prevención se estén implementando. Se sugiere sacar muestras a una profundidad de dos pies en incrementos de seis pulgadas. La profundidad y grosura de cada capa puede ser adaptada a cada situación, lo importante es seguir sacando muestras de la misma manera cada vez que haga el análisis para poder comparar uno con otro directamente. Analizar de esta manera permitirá que el agricultor note si hay sales presentes en el perfil del suelo y si se están lixivando para abajo, fuera del alcance de las raíces de las plantas. Los laboratorios que analizan los suelos típicamente ofrecen el análisis de sal, contacte su laboratorio local para más información.

Análisis del Agua para Salinidad

Analizar el agua de riego es tan importante como analizar la tierra. En las granjas, el agua de riego y las capas freáticas salinas poco profundas son el medio principal a través del cual las sales solubles llegan a la superficie del suelo (Maas y Grattan, 1999). Es útil notar el impacto que el agua puede tener en el suelo por causa de su concentración de sales. La Tabla 4 se puede utilizar para estimar los impactos potenciales que tendrá el agua de riego en las plantas, así como su potencial para depositar excesos de sales en el suelo.

Tabla 3. Clasificación de EC y Salinidad de Suelos

Fuente: Scianna, 2002. www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044788.pdf

Nivel de Salinidad	CE (Conductividad Eléctrica) dS m ⁻¹ or mmhos cm ⁻¹
No Salino	0-2
Muy Poco Salino	2-4
Poco Salino	4-8
Salino	8-16
Muy Salino	>16

Prevención, Mitigación, y Manejo

Remediación de suelos salinos

Aparte de algunas opciones muy caras, la lixiviación de las sales hacia abajo en el perfil del suelo con agua limpia (baja en sal) es la única forma para reducir directamente las concentraciones de sal en suelos. Limitar el uso de insumos que tienen altas concentraciones de sal, como irrigación con agua salina, fertilizantes químicos o estiércol de vacas, sirven como un buen primer paso para reducir las cargas de sal. Empleando prácticas de manejo del suelo que mejoran la estructura del suelo y el flujo hidráulico a través del suelo de su granja ayudará a mover las sales lejos de las zonas sensibles de cultivo.

Remediación de Suelos Sódicos y Salinos-Sódicos

Debido a la baja permeabilidad, los suelos clasificados como salino-sódico o sódico requieren

un paso adicional para para lixiviar las sales efectivamente, mientras manteniendo o mejorando la función del suelo. Se usa alguna forma de calcio, generalmente yeso para reemplazar el exceso de sodio presente en el suelo. Debido a su carga más fuerte, el calcio puede reemplazar el sodio adherido a las partículas del suelo. Sodio liberado luego se convierte en sal en forma de Na_2SO_4 , que se lixivía más fácilmente del suelo. Algunos han demostrado que las enmiendas orgánicas son excelentes opciones para la remediación de suelos alcalinos (los suelos sódicos tienden a ser alcalinos).

Ya sea biocarbón, compost de biosólidos, o composta de residuos de plantas, cada uno reducirá la CE y RAS. Cuando se combina con yeso, la salinidad se reducirá a un mayor grado comparado con el uso de yeso o los componentes orgánicos solos (Chaganti et al., 2015).

Prácticas de Manejo para Remediación del Suelo

Ciertas prácticas de manejo y factores relacionados pueden aumentar la probabilidad de que las sales se depositen en la superficie del suelo. Mala gestión del agua de riego y el exceso de labranza pueden exacerbar problemas de salinidad. Labranza excesiva, por ejemplo, puede crear una capa dura debajo de la superficie del suelo. Esto es una capa a través de la cual el agua se filtra muy lentamente o no pasa en absoluto. Cuando el agua salina se encuentra arriba de esa capa, justo debajo la superficie del suelo, puede subir a la superficie a través de la acción capilar. La acción capilar describe la capacidad del agua para moverse a través de espacios estrechos independientemente de las fuerzas externas, incluida la gravedad. Si alguna vez ha dejado una toalla de papel para absorber agua y observó cómo el agua se extendía por sus fibras, estaba observando la acción capilar. Esta es el mismo proceso que ocurre en el suelo cuando el agua puede migrar hacia arriba a través del perfil del suelo. En este caso, el agua, con su carga de sal, migra a la superficie y el agua se evapora continuamente, dejando cada vez mayores cantidades de sal detrás.

Las técnicas de remediación mencionadas anteriormente servirán poco para mejorar las condiciones de salinidad del suelo cuando capas duras o compactación excesiva del suelo están presentes. En estas situaciones, puede ser aconsejable romper mecánicamente las

Tabla 4. Medidas de Salinidad para Agua de Riego

Fuente: Adaptado de Fourie, 2017

Calidad del Agua	CE dS/m mmhos/cm	RAS	Riesgo de Sodicidad
Excelente	0-80	1-10	Bajo
Buena	.80-2.5	10-18	Moderado
Salina*	2.5-5	18-26	Alto
Muy Salina*	>5	>26	Muy Alto

*La lixiviación puede ser necesaria y las buenas prácticas de manejo se recomiendan.

Consideraciones para el Análisis

Hay fluctuaciones en las concentraciones de sal a lo largo del año, las pruebas del suelo y agua de riego generalmente reflejarán las concentraciones más altas durante los períodos secos y más bajas durante la temporada de lluvia. Por eso es importante tomar nota de las cargas de sal durante todo el año.

- Si sospecha o sabe que su granja está afectada por sales, puede ser beneficioso invertir en un medidor EC. Según el modelo, podrá probar el suelo, el agua, o ambos.
- ¿Dónde se toma la muestra? Radio de riego (goteo, aspersión, micros) o entre filas de árboles; cama o surco; elevación dentro del campo (puntos bajos tienden a acumular más sales).
- En general, una prueba de RAS no forma parte de los parámetros estándar de las pruebas de suelo y debe pedirse por separado.

capas impermeables (con un arado profundo o subsolador), seguido con una reducción en las prácticas de manejo que crean estas condiciones adversas (Abrol et al., 1988). La reducción de las prácticas de manejo que aumentan la salinidad deben ir acompañados con la implementación de prácticas que pueden ayudar a mitigar las condiciones salinas, descritas en detalle a continuación.

Mitigar las Condiciones Salinas: Adición de Material Orgánico

La incorporación de enmiendas orgánicas es un método viable para enfrentar a los impactos negativos de la salinidad en el suelo. Se ha demostrado que los suelos salinos se benefician de abono, estiércol, desechos verdes y otras enmiendas orgánicas que reducen el impacto de las fuerzas erosivas y mejoran la estructura y función del suelo (Diacono y Montemurro, 2015). Adicionalmente, la materia orgánica ayuda a reactivar la biología y procesos químicos que pueden amortiguar los efectos negativos impuestos por la sal y ayudan a aumentar el ciclo y disponibilidad de nutrientes (Rao y Pathak, 1996).

Agregar materia orgánica ayuda a mantener el ecosistema del suelo, puede mejorar las propiedades físicas del suelo a través de la estabilización de agregados. Bacterias y los hongos liberan varias sustancias parecidas al pegamento a través de sus procesos metabólicos que contribuyen a la adhesión de las partículas del suelo, creando agregados de suelo. Se ha demostrado que incrementos de materia orgánica en suelos impactados por exceso de sales aumentan la porosidad del suelo y aireación (la materia orgánica tiene el mismo efecto en suelos no salinos), resultando en tasas mayores de infiltración y reducción del contenido de sal del suelo cuando se lava con agua de bajo contenido de sales solubles (Diacono y Montemurro, 2015).

En otros experimentos, en condiciones salinas, la adición de estiércol de aves de corral y compost se ha demostrado que aumenta el potasio disponible. La adición de potasio soluble e intercambiable (K^+) actúa en una capacidad similar al calcio y magnesio; es decir, en condiciones sódicas, el potasio competirá con el sodio por el espacio en el partículas de suelo. Además, K^+ juega un papel importante papel en la función fisiológica de las plantas que puede amortiguar algunos de los efectos perjudiciales de estrés salino (Diacono y Montemurro, 2015).

Mitigar las Condiciones Salinas: Mantillo

Los mantillos son eficaces en limitar la cantidad de acumulación de sal en la superficie del suelo porque reducen evaporación en la superficie del suelo de 50% a 80%. Los mantillos pueden tomar varias formas y se pueden utilizar de muchas maneras. Cubiertos de plástico y mantillos orgánicos son opciones efectivas. A pesar de que los mantillos de plástico y orgánicos son opciones viables para la reducción de la acumulación de sal, ambos tienen costos y beneficios asociados. El manejo y la mano de obra para los mantillos de plástico pueden ser más baratos que los mantillos orgánicos, pero son menos eficaces que en reducir la acumulación de sal (un promedio de 32% menos acumulación de sal en mantillos orgánicos) (Aragues et al., 2014). Además, los mantillos de plástico pueden interceptar la precipitación, reduciendo cualquier potencial de lixiviación de la lluvia. Mantillos de plástico también se deterioran con el tiempo y requieren eliminación (Aragues et al., 2014). Mantillos orgánicos, por otro lado, pueden descomponerse rápidamente

Consideraciones: Estiércol y Estiércol Compostado

Evite agregar estiércol crudo o compostado a campos con cultivos que son muy sensibles a la sal, especialmente al estiércol de vaca lechera, que suele ser más alto en contenido de sal (Lloyd et al., 2016). En estiércol bien compostado o envejecido, las cargas de sal serán mucho más bajas que en el estiércol fresco, y se puede agregar en caso por caso. La prueba de estas enmiendas para el contenido de sal es recomendado antes de la aplicación.



El estiércol compostado tiene muchos beneficios para los suelos, pero los suelos deben ser monitoreados para la salinidad si hay aplicaciones repetidas de este tipo de compost. Foto: Rex Dufour, NCAT

y se necesitan reemplazar con más frecuencia. También benefician al ecosistema del suelo, alimentándolo y promoviendo las poblaciones de lombrices (Jodaugiene et al., 2010)

Promoción del Crecimiento Vegetal y Remediación del Suelo con Microbios

Se ha demostrado que ciertas especies microbianas de origen natural mejoran el crecimiento de las plantas y remedian suelos bajo condiciones de estrés salino (Kumar et al., 2019; Wang et al., 2020). Estudios interesantes se están realizando

para descubrir los mecanismos beneficiosos que estos microorganismos tienen sobre las plantas y el ecosistema del suelo. Por ejemplo, cuando el hongo *Trichoderma harzianum* se utiliza como tratamiento de semillas, se ha demostrado que mitiga efectos negativos en la germinación de semillas por cargas excesivas de sal. Muestras tratadas han mostrado mayor crecimiento de raíces y brotes, tasas fotosintéticas y área foliar en comparación al control (Rawat et al., 2012).

Los hongos micorrízicos arbusculares representan un gran grupo de hongos simbióticos que forman relaciones con más del 80% de todas las plantas (Kumar et al., 2019). Estos hongos han probado ser remediadores eficaces del suelo y promotores del crecimiento de las plantas. En suelos salinos ayudan a las plantas a mejorar la absorción de agua, la absorción de nutrientes, aumento de fotosíntesis, y adaptación a estrés oxidativo (Kumar et al., 2019). Se pueden comprar comercialmente o



El suelo descubierto, expuesto tanto al sol como al viento, pierde humedad más rápidamente que suelo cubierto con mantillo. El agua se evapora dejando una costra de sales.



El borde entre el suelo húmedo y el suelo seco comienza a demostrar evidencia de sales acumuladas. Observe la raya de color blanco. Fotos: Rex Dufour, NCAT

Consideraciones para Invernaderos

El suelo debajo de los invernaderos acumula sales porque la lluvia no puede llegar a la superficie. Los productores deben tener esto en cuenta al planificar la construcción de invernaderos. Hay dos opciones de diseño que pueden ayudar para abordar este problema: tener el invernadero sobre patines o ruedas para que se pueda mover si se están acumulando las sales, o diseñarlo para que el plástico se pueda mover para permitir el paso de la lluvia.

Estrategias a corto plazo que se pueden implementar ahora

Drenaje: colocación estratégica y uso de zanjas de drenaje ubicadas en el campo pueden ayudar a reducir las cargas de sal en el suelo.

Cultivos resistentes a la sequía y resistentes a la sal: los cultivos resistentes a la sequía pueden ayudar a disminuir algunos de los requisitos de riego. La reducción del riego es más útil durante la estación seca, cuando la probabilidad de riego con agua salina aumenta. El uso de cultivos tolerantes a la sal puede ser otra solución a corto plazo para los problemas de producción causados por el exceso de sales.

Injerto: los injertos se pueden utilizar para aumentar la resistencia a las sales cuando haya disponibilidad de portainjertos apropiados.

ser movilizadas naturalmente en el suelo a través de la plantación de especies vegetales simbióticas (Nurbaity, 2014). Además, la abundancia relativa de estas poblaciones microbianas (incluidas las bacterias) se pueden facilitar aún más mediante la plantación de cultivos tolerantes a la sal y/o cultivos de cobertura (Wang et al., 2020).

Conclusiones

La agricultura mundial se enfrenta a desafíos que parecen aumentar año tras año, notablemente, los eventos climáticos severos que observamos más ahora que en el pasado. Los agricultores están enfrentando a sequías sin precedentes, inundaciones, e incendios, así como más precipitación extrema y temperaturas erráticas. Si vamos a evitar los destinos de las civilizaciones que Marc Reiser señaló en la introducción: Asiria, Cartago, Mesopotamia, el Inca, el Azteca, el Hohokam — nosotros, como sociedad, debemos prestar más atención a la manera en que gestionamos nuestros suelos y empezar a tratarlos como los ecosistemas complejos que son. Afortunadamente, ahora tenemos más conocimiento sobre los estilos de gestión que soportan la salud del suelo.

Agricultores que implementan prácticas que apoyan la salud del suelo suelen ver sus granjas transformadas positivamente, ecológicamente y financieramente. Los cambios que estos agricultores

han visto en sus suelos han causado que muchos se vuelvan en proponentes apasionados de las prácticas que apoyan la salud del suelo. Enseñar los principios de la salud del suelo como componentes básicos de los planes de estudios agrícolas y agroindustriales elevará la comprensión y la conexión de salud y resiliencia del suelo. Nuestra agua, nuestra comida, nuestra la salud y nuestro futuro dependen de los suelos sanos, cuáles son los ecosistemas más complejos del planeta. Así como se invertiría en el mantenimiento de equipos y capacitación de trabajadores agrícolas, es fundamental para el futuro de la agricultura que también invertimos en nuestros suelos.

Recursos Relacionados de ATTRA

Las especies microbianas benéficas pueden mitigar muchos de los desafíos presentados en este artículo.

Prácticas que fomentan la presencia de microbios benéficos se discuten en las siguientes publicaciones de ATTRA:

- Hoja de datos: Evaluando el Recurso Suelo para Agricultores Orgánicos Principiantes
- Los Cinco Principios de la Salud del Suelo: Factores que Promueven la Infiltración y Almacenamiento del Agua
- El Manejo Sostenible de Suelos

Referencias

Abrol, I.P., J.S.P. Yadav, and F.I. Massoud. 1988. Salt-Affected Soils and their Management. FAO Soils Bulletin 39. www.fao.org/3/x5871e/x5871e00.htm

Aragues, Ramon, E.T. Medina, and I. Claveria. 2014. Effectiveness of organic mulching for soil salinity and sodicity control in grapevine orchard drip-irrigated with moderately saline waters. *Spanish Journal of Agricultural Research*. Vol. 12, No. 2. p. 501-508.

Ayers, R.S. and D.W. Westcot. 1985. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29, Rev. 1. www.fao.org/3/t0234e/t0234e00.htm

Cardon, G.E., J.G Davis, T.A Bauer, and R.M. Waskom. 2007. Managing Saline Soils. Colorado State University Cooperative Extension. No. 0.503. <https://extension.colostate.edu/topic-areas/agriculture/managing-saline-soils-0-503>

Chaganti, Vijayasatya N., D.M. Crohn, and J. Simunek. 2015. Leaching and reclamation of a biochar and compost amended saline-sodic soil with moderate SAR reclaimed water. *Agriculture Water Management*. Vol. 158. p. 255-265.

Deneke, Darrell (ed.). 2011. Alternative Practices for Agronomic Nutrient and Pest Management in South Dakota, Edition 1. South Dakota State University, College of Agriculture and Biological Sciences, Brookings, SD.

Diacono, Mariangela and F. Montemurro. 2015. Effectiveness of organic wastes as fertilizers and amendments in salt-affected soils. *Agriculture*. www.researchgate.net/publication/276165224_Effectiveness_of_Organic_Wastes_as_Fertilizers_and_Amendments_in_Salt-Affected_Soils

Evelin, H., R. Kapoor, and B. Giri. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. *Annals of Botany*. Vol. 104, No. 7. p. 1263–1280. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp251>

- FAO. 2002. The salt of the earth: hazardous for food production. www.fao.org/worldfoodsummit/english/newsroom/focus/focus1.htm
- Fourie, Kevin Louis. 2017. Evaluation of salinity and irrigation guidelines for Lucerne. Masters Dissertation, University of the Free State, Bloemfontein, South Africa. <http://scholar.ufs.ac.za:8080/bitstream/handle/11660/6422/4/4FourieKL.pdf>
- Gies, Erica. 2017. Soil salinity threatens California farms. Food and Farm Discussion Lab. <http://fafdl.org/blog/2017/06/29/soil-salinity-threatens-california-farms/>
- Hazelton, P. and B. Murphy. 2016. Interpreting Soil Test Results, 3rd ed. CSIRO Publishing, Clayton, Victoria, Australia. p. 107.
- Jodaugiene, Darija, R. Pupaliene, A. Sinkeviciene, A. Marcinkeviciene, K. Zebrauskaite, M. Baltadouonyte, and R. Cepulienė. 2010. The influence of organic mulches on soil biological properties. *Zemdirbyste-Agriculture*. Vol. 97, No. 2. p. 33-40.
- Kumar, Dileep, P. Priyanka, Y. Pramendra, Y. Anurag and Y. Kusum. 2019. Arbuscular Mycorrhizal Fungi-Mediated Mycoremediation of Saline Soil: Current Knowledge and Future Prospects. In: *Recent Advancement in White Biotechnology Through Fungi*. A.N. Yadav, S. Mishra, S. Singh, and A. Gupta (eds.). www.researchgate.net/publication/336203085_Arbuscular_Mycorrhizal_Fungi-Mediated_Mycoremediation_of_Saline_Soil_Current_Knowledge_and_Future_Prospects
- LaHue, Gabriel. 2017. Saline Soils and Water Quality in the Colorado River Basin: Natural and anthropogenic causes. https://watershed.ucdavis.edu/education/classes/files/content/page/Saline+soils+and+the+Colorado+River+_Revised_.pdf
- Laidero, Bruno. 2012. Saline agriculture in the 21st Century: Using salt contaminated resources to cope food requirements. *Hindawi Journal of Botany*. www.hindawi.com/journals/jb/2012/310705
- Lloyd, Margaret, D. Kluepfel, and T. Gordon. 2016. Evaluation of four commercial composts on strawberry plant productivity and soil characteristics in California. *International Journal of Fruit Science*. Vol. 16, No. SUP1. www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15538362.2016.1239562
- Maas, E.V. and S.R. Grattan. 1999. Crop yields as affected by salinity. In: R.W. Skaggs and J. Van Schilfhaarde (eds.). *Agricultural Drainage*. Number 38 in the series *Agronomy Monographs*. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- McCauley, Ann and Clain Jones. 2005. Salinity and Sodicity Management. MSU Extension Service Continuing Education Series. 4481-2. <http://landresources.montana.edu/swm/documents/SW%20%20updated.pdf>
- Montanarella, L., R. Scholes, and A. Brainich (eds.). 2018. The IPBES Assessment Report on Land Degradation and Restoration. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. <https://ipbes.net/assessment-reports/ldr>
- Nurbaity, Anne. 2014. Application of AM Fungi in Remediation of Saline Soils. In: *Application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Production of Annual Oilseed Crops*. Zakaria M. Solaiman, L.K. Abbot, and A. Varma (eds.). Springer-Verlag, Berlin. www.researchgate.net/publication/312754224_Application_of_AM_Fungi_in_Remediation_of_Saline_Soils
- Parida, A.K. and A.B. Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Environmental Toxicology and Environmental Safety*. Vol. 60, No. 3. p. 324-349.
- Rao, Desiraju and H. Pathak. 1996. Ameliorative influence of organic matter on biological activity of salt-affected soils. *Arid Land Research and Management*. Vol. 10, No. 4. www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15324989609381446
- Rawat, L., Y. Singh, N. Shukla, and J. Kumar. 2012. Seed biopriming with salinity tolerant isolates of *Trichoderma harzanium* alleviated salt stress in rice: Growth, physiological and biochemical characteristics. *Journal of Plant Pathology*. Vol. 94, No. 2. p. 353-365.
- Reisner, Marc. 1993. *Cadillac Desert*. Penguin Books, London, United Kingdom.
- Scianna, Joe. 2002. Salt affected soils: their causes, measure, and classification. HortNote No. 5. USDA NRCS Plant Materials Program, Bridger, Montana.
- Wang, Xiaogai, R. Sun, Y. Tian, K. Guo, H. Sun, X. Liu, H. Chu, and B. Liu. 2020. Long-term phytoremediation of coastal saline soil reveals plant species-specific patterns of microbial community recruitment. *mSystems*. <https://doi.org/10.1128/mSystems.00741-19>
- Wicke, Birka, Edward Smeets, Veronika Dornburg, Boris Vashev, Thomas Gaiser, Wim Turkenburg, and André Faaij. 2011. The global technical and economic potential of bioenergy from salt-affected soils. *Energy & Environmental Science*. Issue 4. p. 2669-2681.

Otros Recursos

- Civilizations rise and fall on the quality of their soil. 2013. By Wits University. *Science Daily*. November 4. www.sciencedaily.com/releases/2013/11/131104035245.htm
- Crop yields as affected by salinity. 2002. By R.W. Skaggs and J. Schilfhaarde. In: *Agricultural Drainage*. American Society of Agronomy, Madison, WI. p. 56-57.
- Soil Salinity: Historical Perspectives and a World Overview of the Problem. 2018. By S.A. Shahid, M. Zaman, and L. Heng. In: *Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques*. Springer. www.springer.com/gp/book/9783319961897

Suelos Salinos y Sódicos: Identificación, Mitigación y Consideraciones de Manejo

Por Omar Rodriguez y Rex Dufour, Especialistas en Agricultura Sostenible

Publicado Enero 2021

©NCAT

Esta publicación está disponible en la Web en:

<https://espanol.ncat.org>

SP602

Ranura 638

Versión 011121

